

*Султанов Шахрух  
Студент,  
shah-98@mail.ru  
Кукина Анна Алексеевна  
Ассистент,  
kukina\_aa@spbstu.ru*

*Высшая школы промышленно-гражданского и дорожного  
строительства ФГАОУ ВО «Санкт-Петербургский  
политехнический университет Петра Великого»;  
Санкт-Петербург, Россия,*

## **ИНТЕРОПЕРАБЕЛЬНОСТЬ ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ СЛОЖНЫХ ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ ФОРМ В BIM**

**Аннотация.** При моделировании масштабных объектов обязательным становится использование технологий BIM. С появлением технологии BIM пришла новая эра в проектировании зданий. В процессе масштабного проектирования задействованы различные специалисты, работающие с разными инструментами и программами. Немаловажная часть проектного процесса – обмен данными, а, следовательно, важна интеграция между программными продуктами, когда данные передаются без потерь от одного специалиста к другому. Цель данной работы – анализ современных методов интеграции и передачи данных между различными программными BIM продуктами. В настоящей статье были проанализированы современные форматы для интеграции и обмена данными в BIM продуктах, статьи с опытом применения различной интеграции, рекомендации по обмену данными между BIM-продуктами. Отмечена важность использования формата IFC для обмена данными, также

выделена важность использования подхода OpenBIM при работе с масштабными проектами. Приведенный анализ различного подхода при интеграции ПО может быть использован при обмене данными между различными программными продуктами BIM, также рекомендуется использовать различные подходы, чтобы минимизировать потерю информации при передаче информации.

**Ключевые слова:** интеграция программного обеспечения, программные продукты, BIM-моделирование, обмен данными, импорт/экспорт в BIM, Autodesk Revit, Rhinoceros.

## **1. Введение**

С появлением технологии BIM пришла новая эра в проектировании зданий. Она сразу начала заменять привычные для нас методы разработки проектов. Технология BIM имеет преимущество во всех ключевых аспектах проектирования: проект создается более высокого качества и, что не менее важно, выполняется гораздо быстрее. Одной из причин сокращения срока выполнения проекта является более совершенный подход к передаче модели объекта.

При строительстве ряда объектов обязательным становится использование технологий BIM (Building Information Modeling). Все современное управление проектами создания капитальных объектов выстраивается вокруг BIM-моделей. До настоящего времени каждый производитель программного обеспечения, связанного с 3D-моделированием, старался охватить весь жизненный цикл моделирования и управления проектом, и распространить возможности программных продуктов на объекты строительства.

Сложность обмена данными вызвана как субъективными, так и объективными причинами. Разработчики ПО, как правило стараются развивать собственную систему на различных принципах, и поэтому осуществить перенос данных одной системы в другую является непростой задачей.

Целью исследования стал анализ современных методов обработки данных и интеграции ПО в проектное моделировании, позволяющий повысить эффективность проектирования на основе использования механизмов обработки и передачи данных в различные программные комплексы BIM, и обеспечивающий основу для многопользовательского доступа к данным для осуществления коллективной работы.

## **2. Интеграция или обмен данными между ПО**

В современном рынке существуют различные программные комплексы для BIM проектирования. В каждом программном комплексе содержится разный набор информации об объектах проектирования, что приводит к потере информации при импорте/экспорте моделей. При передачи параметрической геометрии сложных форм можно столкнуться с проблемой интеграции BIM продуктов. Главной проблемой ПО выступает — процесс механизма обработки и передачи информации в различные BIM продукты. Стоит отметить, что преимуществом при моделировании обладает модель на единой платформе, например, Autodesk, Bentley, так как собственный закрытый формат файла позволяет обмениваться информацией между приложениями, входящими в единую линейку [1].

Интеграция – процесс объединения данных из различных программных продуктов, в широком смысле – процесс организации регулярного обмена данными между различными участниками строительного процесса [2].

Используемое проектировщиками программное обеспечение для BIM моделирования должно удовлетворять требованиям технологии интегрированного проектирования. Каждая модель должна быть интегрирована: «по горизонтали» т.е. должна охватить все части и этапы строительного проектирования, гарантировать согласованную передачу данных по технологической цепочке между отдельными разделами проекта (архитектура, конструкции, инженерные сети и т.д.); «по вертикали» т.е. гарантировать согласованную передачу данных по технологической цепочке производственного процесса [3] (проектирование, изготовление, монтаж и т.д.); «по диагонали», чтобы на прямую или в форматах стандартных данных обмениваться информацией с другими системами проектирования, в том числе передавать данные из графических BIM систем в расчетные; «в обоих направлениях», чтобы результаты расчетов и проектирования выгружались в моделирующую систему с дальнейшим обновлением исходной модели [4].

В настоящее время известно о 4 основных уровнях интеграции. Первый уровень – прямая внутренняя интеграция, которая осуществляется через единую платформу и поддерживает различные форматы (DWG, DGN, RV, SATACIS).

Второй уровень – прямые трансляторы от производителя программного обеспечения (API). Третий уровень – экспорт/импорт в стандартных форматах от разработчиков ПО, где интегрируется: векторная геометрия (DXF, DWG, IGS), объемная геометрия (STL, IGS, SAT, DWG, DFF) и твердотельная геометрия (STP/STEP).

Четвертый уровень – индустриальные форматы обмена данными, где осуществляется интеграция геометрии и семантики элементов.

Также стоит отметить о способах интеграции. Первый и самый более эффективный способ, представленный на рисунке 1 – прямая интеграция, данные поступают напрямую, что обеспечивает низкий процент потери информации при передаче. Рассматриваются 6 программ, где каждый имеет свой собственный формат. Количество трансляторов определяется по формуле:  $N*(N-1)$ , и имеют 30 трансляторов для импорта и экспорта. При добавлении нового пакета нужно добавить 12 трансляторов.

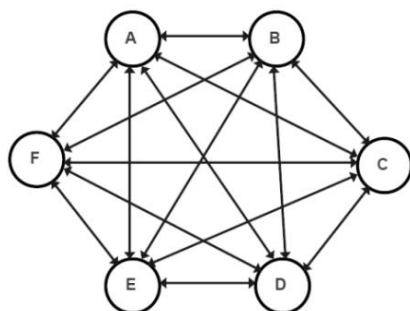


Рис. 1 Прямая интеграция

Второй способ – интеграция через нейтральные форматы (CIS/2, IFC) представлен на рисунке 2.

Рассматриваются также 6 программ, где передача данных идет в нейтральный формат, через который осуществляется импорт и экспорт. Количество трансляторов определяются по формуле:  $2*N$ , и имеют 12 трансляторов для импорта и экспорта. При добавлении нового пакета нужно добавить только 2 транслятора.

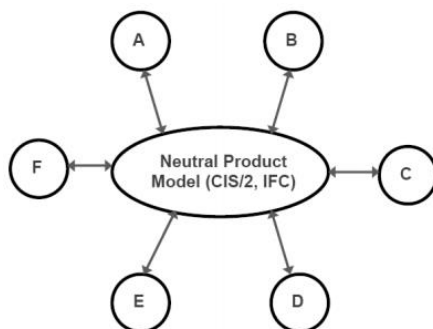


Рис. 2 Интеграция через нейтральные форматы

Реальная интеграция, представленная на рисунке 3 — отличается от предыдущих тем, что поддерживает живучесть только старых форматов (KISS, DSTV). При обмене данными может происходить только импорт или экспорт, причем некоторая часть модели может теряться.

САПР предназначенные для решения более тяжелого уровня в BIM моделировании имеет ряд отличительных особенностей: одновременная работа большого числа пользователей в рамках одного проекта, моделирование с помощью цифрового прототипирования, параметрических поверхностей [5]. К программам такого уровня можно отнести Revit, Rhinoceros, ArchiCAD и другие.

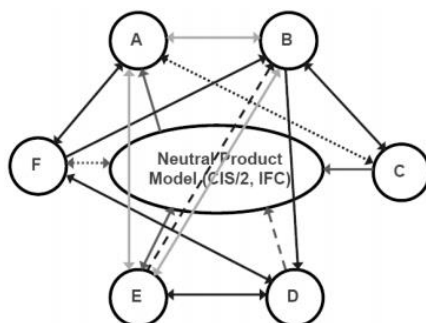


Рис. 3 Реальная интеграция

Большое количество программных продуктов умеет работать со своими аналогами, и при взаимодействии с друг другом, часть информации может выпадать из BIM-процесса. Проанализировав рынок с популярными программными обеспечениями, на рисунке 4 представлена область действия универсальных форматов таких как 2DDWG, 3DDWG, IFC, которые применяются при оптимизации проектного процесса [6].

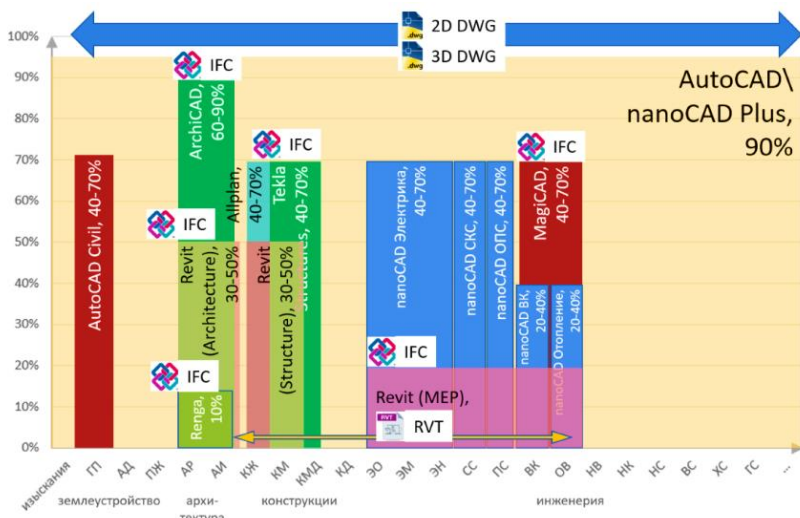


Рис.4 Область действия универсальных форматов

- 2DDWG. Самый универсальный формат, который используется сегодня для обмена информацией между проектными группами. Очень удобен, если необходимо на базе этих данных выпускать рабочую документацию. Формат позволяет передавать легкие 2D-чертежи модели на ту или иную платформу с узкопрофильной направленностью – продукты для проектирования инженерных систем, разработки конструктивного и архитектурного решения. Взаимосвязь через данный формат позволяет полноценно работать над всеми стадиями проекта.

- 3DDWG. Второй по популярности формат, который позволяет передавать трехмерную модель. К его преимуществам можно отнести то, что геометрию DWG с большой долей вероятности без искажений сможет прочитать большинство указанных решений, а значит появляется возможность на базе полученной информации строить свое проектное решение. Недостаток этого формата заключается в том, что кроме геометрии стороннее приложение не получает никакой дополнительной информации: программы «не знают», что данный набор трехмерных объектов – это стена, а другой – воздуховод. Соответственно, никакого обмена параметрами, атрибутами, информацией между моделями не происходит, следовательно, нельзя настроить автоматизацию при передаче данных. Данный формат поддерживает вертикальную интеграцию с другими программными продуктами.

- IFC. Современный формат, позволяющий помимо трехмерной геометрии передавать атрибутивную



информацию. Таким образом, при передаче стены (к примеру) из ArchiCAD, одновременно передается информация о строении, теплопроводности, огнеупорности и другие параметры, которые могут использовать в своей работе расчетные и проектные программ

### **3. IFC — универсальный формат обмена данными в BIM**

Формат IFC (Industry Foundation Classes) — универсальный формат данных, позволяющий вести обмен информацией между программами разных разработчиков, поддерживающими BIM. Формат файлов IFC, определяет международные стандарты импорта и экспорта объектов-зданий и их свойств. IFC также считается оптимальным форматом для передачи результатов проектирования заказчику, позволяет улучшить взаимодействие, увеличить производительность, сократить сроки и повысить качество работы проектировщиков и инженеров на всех этапах жизненного цикла здания. Риск потери данных при передаче между разными приложениями сводится к минимуму [7]. Этот формат используется по умолчанию для обмена IFC данными [8].

Не так давно компанией Open Design Alliance (ODA) был представлен новый инструмент для чтения, записи и визуализации IFC, международного стандартного формата для обмена BIM данными – IFCSDK. Данное решение намного больше, чем привычный формат IFC, поскольку включает в себя визуализатор профессионального уровня в комплекте со средствами полигонального моделирования и базовыми

инструментами твердотельного 3D моделирования для обработки неявной геометрии, содержащейся в формате. IFC SDK содержит полную поддержку IFC файлов версий 2x3 и 4 с возможностью чтения, записи, редактирования и создания. В нем реализована концепция потоковой безопасности (thread-safe), что делает его идеальным для работы на веб-серверах. IFC SDK поддерживается на всех распространенных настольных и мобильных платформах [9].

Проектировщики и архитекторы применяют стандарт IFC только через интерфейс конкретного ПО для передачи информации из одной автоматизированной системы в другую. Формат предусматривает хранение и передачу данных, а не создание информационной модели. Главными сферами применения IFC формата являются крупные региональные и сложные международные проекты, в свете этого меняется отношение к самому формату, некоторым возможным ошибкам, связанным с импортом или экспортом, к деталям, связанным с настройкой таблиц внутри САПР-систем.

Сложные и масштабные международные проекты, объединяющие множество подрядных компаний, требует построения сложной структуры обмена данными и тонкой настройки информационных потоков. В этом случае именно IFC послужит инструментом, позволяющим интегрировать системы между собой и осуществлять эффективный обмен информацией и контроль за сроками и затратами на всех стадиях жизненного цикла зданий и сооружений (рис.5) [10].



экспортировать спроектированные трехмерные данные в формат IFC со всей геометрией и параметрами объектов.

### **3.1 Обмен данными из Rhino в различные BIM продукты**

Рассматривая ПО для проектирования сложных форм, можно выделить программный комплекс Rhinoceros 3D. Rhino 3D (Rhinoceros) – система 3D моделирования, созданная компанией McNeel. Имеет очень богатую функциональность и в то же время доступна по цене и проста в освоении. Пакет широко используется для задач промышленного дизайна, концептуального проектирования в авто- и судостроении, создания ювелирных изделий, быстрого прототипирования и других. Если рассматривать программный продукт Rhinoceros[3] для задач архитектурного моделирования, то это система 3D моделирования, с помощью которой можно выполнять архитектурные задачи любой сложности.

Одним из способов автоматизации процесса проектирования является использование плагинов для конвертации данных в формат принимающего программного комплекса. Интеграция с Revit и ArchiCAD осуществляется через плагин VisualARQ. Плагин VisualARQ [11] включает в себя набор архитектурных инструментов и встроенный модуль импорта и экспорта IFC. Это открывает возможность преобразования всей геометрии Rhinoceros в IFC. Элементы, которые будут созданы с использованием инструментов VisualARQ, при экспорте в IFC будут распознаны как конструктивные BIM элементы – стены, перекрытия, балки, колонны и т. д.

Еще один плагин для обмена данными — GeometryGym [12]. Данный плагин является прекрасным примером соблюдения принципов OpenBIM, целью которых является открытый обмен данными между различными системами. Он включает плагины для Revit, Navisworks, Rhinoceros и ряда других продуктов.

### **3.2 OpenBIM— как часть масштабного проекта**

Разработка стандартов OpenBIM была начата двумя производителями программного обеспечения — компаниями Tekla и GRAPHISOFT, и была поддержана несколькими организациями, такими как buildingSMART. Современный подход OpenBIM является основой организации междисциплинарного взаимодействия с использованием открытых стандартов. OpenBIM дает возможность взаимодействовать всем участникам проектирования на уровне моделей, повышая таким образом качество проектирования и увеличивая объемы доступной информации [13]. Открытые форматы позволяют передавать информацию вне зависимости от того, каким программным обеспечением пользуются специалисты. То есть OpenBIM позволяет работать вместе. В настоящее время нам известно о пяти открытых форматах, разрабатываемых buildingSMART: IDM (Information Delivery Manual) — описывает рабочие процессы; IFD (International Framework for Dictionaries) — устанавливает определение терминов; MVD (Model View Definitions) — переводит процессы в технические требования; BCFBIM Collaboration — координация изменений [14] в том числе и IFC. Данные форматы позволяют передавать информацию без

ограничений, и эти инструменты постоянно совершенствуются [15]. OpenBIM предлагает проектным командам уникальную возможность для эффективного взаимодействия благодаря объединению различных представлений строительного объекта в единую согласованную модель, таким образом решается проблема передачи данных между различными программными продуктами.

В проектировании масштабного проекта может быть использовано различное множество ПО. На рисунке 6 представлена область взаимодействия программного обеспечения в единой системе OpenBIM на примере проекта международного аэропорта в Чжаныцзян в Китае. В рамках данного проекта значимой частью было использование подхода OpenBIM, а именно: для экспорта применялся формат IFC2x3; для сбора и доставки проектной или строительной информации была применена спецификация COBie; использованы открытые стандарты gbXML и DAE; для проектирования и дизайна было применено такое ПО, как Revit, Navisworks, EcotectAnalysis, AutoCAD, Midas, Rhino, Sketchup, TeklaStructure, YJK, Lumion, Pathfinder, Midas и др.

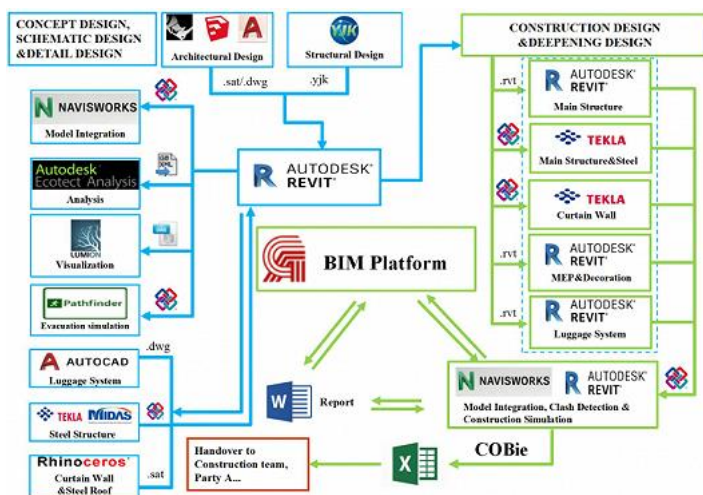


Рис. 6 Область взаимодействия популярного ПО в единой системе OpenBIM

Преимуществами от использования OpenBIM стало улучшение качества проектирования, новый уровень комплексного управления проектом, снижение стоимости проекта, качественное улучшение совместной работы, упрощение передачи данных [16].

Отрицательными качествами от использования OpenBIM является то, что далеко не все производители программного обеспечения поддерживают проект OpenBIM, хотя экспорт и импорт с форматом IFC стали фактически обязательными для всех BIM продуктов. Некоторые крупные разработчики, такие как Autodesk и Bentley, имеющие практически полную линейку собственных BIM продуктов, развивают в первую очередь свои внутренние форматы файлов и организуют обмен данными между программами на основе

собственных платформ интеграции и взаимодействия моделей.

#### **4. Заключение и обсуждение**

Основная цель настоящей статьи состояла в том, чтобы дать всесторонний обзор основных этапов процесса обмена данными с программными комплексами BIM и опыт применения в международных масштабных проектах. Опираясь на вышеизложенные данные, можно сказать, что формат IFC — это открытый, международный стандарт, который в настоящее время участвует в процессе стандартизации для обеспечения горизонтальной интеграции между программными продуктами при проектировании геометрии со сложными формами. Формат IFC был разработан для упрощения взаимодействия в строительной индустрии. Используется как нейтральный формат для информационной модели здания и сооружения, и содержит соответствующие классы объектов, удовлетворяющие различные потребности жизненного цикла зданий и сооружений. Сейчас формат IFC поддерживается во всех современных BIM продуктах и является одним из признаков технологии BIM. Таким образом, формат IFC в значительной мере определяет направление развития как самой технологии BIM, так и перспективного программного обеспечения для целей информационного моделирования зданий.

Рассматривая программный комплекс Rhinoceros и все его возможные способы интеграции с различными ПО, можно отметить, что данный программный продукт позволяет обмениваться данными и производить интеграцию через



сторонние плагины, которые требуют предварительной предустановки. Передача информации через плагины значительно влияет на качество передаваемой информации, в последствии часть информации может выпадать из процесса, и данный способ является менее эффективным. Работая в рамках масштабных проектов, проектировщики обращаются к высокоэффективному обмену данными, а именно OpenBIM подходу, который позволяет обмениваться информацией с минимальной утратой и поддерживает взаимодействие с различным количеством BIM продуктов.

### Список литературы

1. Талапов В.В. Что такое OpenBIM? [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://ardexpert.ru/article/5520> (дата обращения 08.03.2021).
2. Soares, A.P. 濟無No Title No Title. Journal of Chemical Information and Modeling. 2013. 53(9). P. 1689–1699.
3. Biancardo, S.A., Capano, A., de Oliveira, S.G., Tibaut, A. Integration of BIM and procedural modeling tools for road design. Infrastructures. 2020. 5(4). P. 1–14. DOI:10.3390/infrastructures5040037.
4. Caetano, I., Leitão, A. Integration of an algorithmic BIM approach in a traditional architecture studio. Journal of Computational Design and Engineering. 2019. 6(3). P. 327–336. DOI:10.1016/j.jcde.2018.11.004.
5. Aksamija, A., Dylan Brown. r esearc h j ourna l INTEGRATION OF PARAMETRIC DESIGN METHODS AND BUILDING. Perkins+Will ResearchJournal. 2018. 10.
6. Ожигин Д.А. Анализ текущей ситуации на российском BIM-рынке в области гражданского строительства [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://habr.com/ru/company/nanosoft/blog/276587/> (дата обращения 01.03.2021).
7. Алексей Сачик. Единая среда 3DEXPERIENCE и интеграция с Autodesk Revit [Электронный ресурс]. – Режим

доступа: <https://habr.com/ru/company/ds/blog/530148/>(дата обращения 01.03.2021).

8. ISO стандарты в OpenBIM [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://openbim.ru/openbim/standards.html> (дата обращения 01.03.2021).

9. ODA выпускает новый IFCSDK. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://isicad.ru/ru/news.php?news=20654>(дата обращения 02.03.2021).

10. Отчет о научно-исследовательской работе «По мониторингу и анализу нормативных технических документов в области информационного моделирования в сфере строительства», АО «Строительство», М.:2015

11. Eugenio Fontan. Rhino идет в BIM[Электронный ресурс]. – Режим доступа:[https://isicad.ru/ru/articles.php?article\\_num=20065](https://isicad.ru/ru/articles.php?article_num=20065) (дата обращения 03.03.2021).

12. Что такое OpenBIM[Электронный ресурс]. – Режим доступа:<https://buildingsmart.su/about/openbim.html> (дата обращения 05.03.2021).

13. OpenBIM в проекте международного аэропорта Чжаныцзян [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://bimlib.pro/articles/openbim-v-proekte-mezhdunarodnogo-aeroporta-chzhantszyan> (дата обращения 05.03.2021).

14. Graphisoft ArchiCAD. ArchiCAD – это BIM [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://cad.ru/upload/iblock/54d/54dd9ec453f9909325cebc600c719e08.pdf> (дата обращения 07.03.2021).

15. OpenBIM. Пешеходный мост в Гонконге [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://bimlib.pro/articles/openbim-peshekhodnyy-most-v-gonkonge?from=main-page>(дата обращения 10.03.2021).

16. Роб Роеф. OPEN BIM как способ взаимодействия [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://bimlib.pro/articles/open-bim-kak-sposob-vzaimodejstviya-299> (дата обращения 12.03.2021).